第 41 卷 第 2 期　　昆 虫 学 报　　Vol. 41, No. 2
1998 年 5 月　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　May, 1998

祁连山山地草原四种蝗虫成虫期的食物消耗量及其利用的初步研究

王世贵　　　　廉振民
(杭州师范学院生物系　杭州　310036)　(陕西师范大学动物研究所　西安　710062)

蝗虫作为初级消费者之一，在草原生态系统中占有重要地位。定量地分析蝗虫对其生境中喜食植物的消耗量以及对摄入食物的利用能力等问题，可以帮助我们认识食物消耗量、同化能力以及组织生长的内在联系，进一步明确蝗虫类群在草原生态系统中的功能与地位。有关这方面的研究颇多，如 Baily (1976) 研究了黑蝗属 *Melanoplus* Stoll 两种蝗虫对不同寄主植物的消化和利用能力[1]；Daevey (1954) 则研究了沙漠蝗 *Schistocerca gregaria* (Forsk.) 的取食量及其与生长发育的关系[2]；Nagy (1952) 研究了荒漠草原种戟纹蝗 *Dociostaurus crucigerus brevicollis* Eversm. 和蓝斑翅蝗 *Oedipoda coerulescens* (L.) 的食物消耗问题[3]；Joern (1980) 等用建立中性模型的方法讨论了干旱草原蝗虫类群对食物及小生境的利用能力[4]。Gupta (1980) 还研究了热带草原种僧帽佛蝗 *Phlaeoba infumata Brunn.* 的食物消耗、同化以及组织生长的关系[5]。其它的研究还很多很多[6~8]。在国内，有价值的研究还有钦俊德等 (1957)[9] 和李鸿昌等 (1987)[10]所作的工作。

据作者 (1992～1993 年) 研究，白边痂蝗 *Bryodema luctuosum luctuosum* (Stoll)、青海痂蝗 *B. miramae miramae* B. —bienko、尤氏痂蝗 *B. uvarovi* B. —Bienko 和华北雏蝗 (*Chorthippus brunneus huabeiensis* Xia *et* Jin) 分别是祁连山东段山地草原在不同季节、不同植物群落的优势蝗种。本文研究了这四种蝗虫在野外自然变温条件下的食物消耗量及其利用能力问题。

1　材料与方法

本研究是 1993 年 8～9 月在甘肃省农垦宝瓶河牧场进行的。野外自然条件下挂笼，以蝗虫喜食的冰草、芨芨草 (均为花果期) 为供饲食料，进行群体饲育。试验按不同蝗种、性别各设 2～3 个重复组，每间隔 3～5 d 测量一次，采用对比称重法测量一次，核算出实验种群内蝗虫个体的日食物消耗量，并同步收集 24 h 内所排粪便并烘干称重。此外，将各实验组蝗虫称重并计算出个体平均重量，相应测出对照组蝗虫个体的含水率。以上全部称重项目，均至各实验种群的个体全部自然死亡为止。注意记录各组蝗虫死亡情况。

2　结果与分析

2.1　蝗虫成虫期个体平均寿命的计算

本文采用李鸿昌等 (1987)[10]所设计的蝗虫个体平均 ($\overline{L}$) 的计算式：

$$\overline{L}=\frac{\sum_{i=1}^{n} i \cdot N_i}{N_t} \tag{1}$$

式中，i：个体寿命的天数，N_i：寿命为 i 的个体数，N_t：实验种群的个体总数，由此计算出白边痂蝗等四种蝗虫在野外自然条件下人工饲育的个体平均寿命 $\overline{L}$ (表 1)

1996-10-21 收稿，1997-03-10 收修改稿

分析表 1，除尤氏痂蝗雌性个体平均寿命显著高于雄性（$P<0.01$）而外，白边痂蝗、青海痂蝗和华北雏蝗两性间个体平均寿命均很接近，但雌性个体平均寿命都较同种中的雄性个体为高。在不同蝗种间的比较，白边痂蝗、青海痂蝗和华北雏蝗的两性个体平均寿命都很接近（依次分别为 34.7 d、25.9 d、30.7 d），而异种同性寿命亦比较接近；尤氏痂蝗成虫期两性个体平均寿命（22.1 d）则较以上三种蝗虫均为低（$P<0.05$）。其雌性个体平均寿命与青海痂蝗、华北雏蝗相近，较白边痂蝗为低（$P<0.05$），但其雄性个体的平均寿命均较以上三种蝗虫为低（$P<0.05$）。

表 1　山地草原四种蝗虫成虫期在野外自然条件下的个体

		饲育虫数（头）	寿命（d）	平均寿命（d）
白边痂蝗	♀	20	14～54	36.1±5.3
	♂	20	10～51	33.3±4.7
青海痂蝗	♀	20	13～46	32.3±4.3
	♂	20	10～36	26.6±3.0
尤氏痂蝗	♀	20	8～40	26.2±4.1
	♂	20	6～31	17.9±2.7
华北雏蝗	♀	40	10～49	31.2±6.3
	♂	40	5～48	30.1±7.0

2.2　蝗虫成虫期对饲育食物的利用

2.2.1　成虫期的食物消耗量、粪便量和体重：对不同种蝗虫并分别雌雄，以其饲育历期为计算历期，据每次实测得出的实验种群的日食量、日粪便量和体重，核算出个体的平均日食量、日粪便量和个体平均体重。

不同种蝗虫，在其成虫历期内的平均个体累积食量（或累积粪便量，均以 $\overline{Q}$ 表示），分别由以下公式计算*：

$$\overline{Q}=\sum_{i=1}^{n}\overline{Q}_i \tag{2}$$

式中，n：实验种群中，个体平均寿命（$\overline{L}$）的天数，$\overline{Q}_i$：实验种群中，个体在平均寿命（$\overline{L}$）范围内，第 i 天的日食量（或日粪便量）。

由（2）式计算出四种蝗虫个体的平均累积食量及累积粪便量（表 2）。

分析表 2，在同种蝗虫中，其雌性个体日食量均显著高于雄性（$P<0.01$），同种蝗虫雌雄间的比值（即差异大小）可排序为华北雏蝗（2.336）＞尤氏痂蝗（1.832）＞白边痂蝗（1.407）＞青海痂蝗（1.294）。不同蝗种间（设性比为 1），其个体平均日食量之差异显著（$P<0.05$），可排序为白边痂蝗（0.10493）＞青海痂蝗（0.09129）＞尤氏痂蝗（0.08494）＞华北雏蝗（0.0409）。三种痂蝗中，发生早的蝗虫（白边痂蝗）个体日食物消耗量也大，而华北雏蝗则因其个体小，日食物消耗量也小。

就蝗虫在其成虫历期内的累积食物消耗量（$\overline{Q}a$）而言，同种蝗虫除尤氏痂蝗雌性个体累积食量显著高于雄性（$P<0.01$）外，其余三种蝗虫两性间差异均不显著。不同蝗种间（设性比为 1）其差异显著（$P<0.01$），可排序为白边痂蝗（3.51024）＞青海痂蝗（2.70849）＞尤氏痂蝗（2.00898）＞华北雏蝗（1.35759）。

同理，采用（2）式，计算出四种蝗虫的平均个体累积粪便量（表 2），在不同蝗种间、同种的不同性别间，亦显示出与累积食量相类同的排序。

2.2.2　成虫期的个体增重（鲜重，g）：从表 3 可以看出，各在其平均寿命的历期内，因雌、雄性别的不同，其体重增加明显不同。其中，雄性个体的平均绝对增重，只有青海痂蝗和华北雏蝗为显著（$P<0.01$），而另外两种则不显著。依其绝对增重（鲜重，g）可排序为青海痂蝗（0.21341 g）＞白边痂蝗＞（0.1684 g）＞尤氏痂蝗（0.10093 g）＞华北雏蝗（0.05568 g）。若依其相对增重之大小，也可排序为青海痂蝗（86.07%）＞华北雏蝗（81.34%）＞白连痂蝗（39.06%）＞尤氏痂蝗（28.74%）。

---

* 式中，所缺失的日食量、日粪便量等资料，是根据相邻两次测量值，取其平均值以补之。

表 2 山地草原四种蝗虫成虫期在野外自然条件下的个体平均食物消耗量和粪便量(单位：g)

		日食量		累积食量		日粪便量	累积粪便量
		鲜重	干重	鲜重	干重	干重	干重
白边痂蝗	♀	0.17666±0.02067	0.06133±0.00355	6.68767±0.35859	2.07719±0.12024	0.02030±0.00142	0.78185±0.01738
	♂	0.14352±0.02034	0.04360±0.00293	4.31650±0.21432	1.43305±0.07749	0.01559±0.00087	0.50245±0.01192
青海痂蝗	♀	0.14437±0.01505	0.05150±0.00234	4.58868±0.25779	1.67837±0.07547	0.02378±0.00087	0.84615±0.01895
	♂	0.11048±0.02054	0.03979±0.00218	2.79912±0.14355	1.03012±0.04801	0.01050±0.00038	0.27966±0.00596
尤氏痂蝗	♀	0.16098±0.00435	0.05495±0.00144	4.26379±0.25782	1.45992±0.02981	0.03000±0.00084	0.8124±0.01574
	♂	0.08742±0.00578	0.02999±0.00158	1.66168±0.08924	0.54898±0.02828	0.01277±0.00040	0.23179±0.00716
华北雏蝗	♀	0.07769±0.00769	0.02864±0.00198	2.68014±0.15811	0.97116±0.04736	0.01584±0.00090	0.53849±0.01269
	♂	0.03385±0.00300	0.01226±0.00082	1.10301±0.05488	0.38643±0.02075	0.00559±0.00033	0.18322±0.00393

表 3 山地草原四种蝗虫成虫期在野外自然条件下的平均体重变化

		初始体重 (鲜重,g)	终止体重 (鲜重,g)	绝对增重(g)		相对增重 (%)
				鲜重	干重	
白边痂蝗	♀	0.61750	1.21238	0.59488	0.25282	96.34
	♂	0.43118	0.59958	0.1684	0.07593	39.06
青海痂蝗	♀	0.50255	1.12418	0.62163	0.25007	123.70
	♂	0.24795	0.46136	0.21341	0.05527	86.07
尤氏痂蝗	♀	0.54582	0.99512	0.4493	0.18415	82.32
	♂	0.35121	0.45214	0.10093	0.03312	28.74
华北雏蝗	♀	0.14127	0.30462	0.16335	0.06417	115.63
	♂	0.06845	0.12417	0.05568	0.02247	81.34

对于雌性个性，显然因卵巢发育积累营养物质的结果，其体重的绝对增重均为显著（$P<0.01$）。依绝对增重值的大小可排序为青海痂蝗（0.62163 g）＞白连痂蝗（0.59488 g）＞尤氏痂蝗（0.4493 g）＞华北雏蝗（0.0.16445 g）。若依其相对增重，也可排序为青海痂蝗（123.70%）＞华北雏蝗（115.63%）＞白边痂蝗（96.34%）＞尤氏痂蝗（82.32%）。

2.2.3 蝗虫成虫期的食物利用能力：据表 2 分别计算出下列诸项食物利用能力指数，列成表 4，据此比较不同蝗种及其不同性别间的食物利用能力。

$$\text{近似消化力（A. D.）}=\frac{\text{摄入的食物量（干重）}-\text{粪便量（干重）}}{\text{摄入的食物量（干重）}}\times 100\%$$

$$\text{摄入的食物转化为体物质的效率（E. C. I.）}=\frac{\text{身体增重（干重）}}{\text{摄入食物量（干重）}}\times 100\%$$

$$\text{消化的食物转化为体物质的效率（E. C. D.）}=\frac{\text{身体增重（干重）}}{\text{摄入食物量（干重）}-\text{粪便量（干重）}}\times 100\%$$

分析表 4，四种蝗虫成虫期的近似消化力（A. D.）为：同种内，除白边痂蝗外，雄性个体显著高于雌性（$P<0.05$），其雌雄比值可排序为白边痂蝗（0.977）＞华北雏蝗（0.842）＞尤氏痂蝗（0.744）＞青海痂蝗(0.729)。不同蝗种间的排序为白边痂蝗（♀ 64.35%，♂ 65.85%）＞青海痂蝗（♀51.63%，♂ 70.86%）＞尤氏痂蝗（♀ 43.24%，♂ 58.11%）＞华北雏蝗（♀43.35%，♂ 51.70%）。

表 4　山地草原四种蝗虫成虫期在野外自然条件下的食物利用能力

		近似消化力（%）	摄入食物转化为体物质的效率（%）	消化食物转化为体物质的效率（%）
白边痂蝗	♀	64.35	10.89	16.92
	♂	65.85	5.17	7.85
青海痂蝗	♀	51.63	14.31	27.71
	♂	70.86	5.48	7.74
尤氏痂蝗	♀	43.24	12.65	29.26
	♂	58.11	5.81	10.00
华北雏蝗	♀	43.55	6.49	14.91
	♂	51.70	5.62	10.88

就不同蝗种而言，对摄入与消化的食物的转换效率（E. C. I. 和 E. C. D.）之高低，其规律与近似消化力刚好相反：雌性个体均显著高于同种的雄性个体（$P<0.05$）。其雌雄间比值可排序为青海痂蝗(E.C.I.＝2.611,E.C.D.＝3.580)＞尤氏痂蝗(E.C.I.＝2.110,E.C.D.＝2.926)＞白边痂蝗(E.C.I.＝2.106,E.C.D.＝2.155)＞华北雏蝗(E.C.I.＝1.155,E.C.D.＝1.370)。

3　小结

四种蝗虫中，中期发生的青海痂蝗的转换效率高（略低于尤氏痂蝗），这可能是导致它的体重相对增重为最高的原因之一；而尤氏痂蝗则因发生最晚，成虫历期也短，其转换效率为最高，可能与其适应成虫历期短而为繁殖积累营养物质有一定关系。

如 Gupta（1980）所指出的那样，蝗虫除直接取食造成的损失外，在其取食点以上部分的叶子也会死亡，以及取食时掉落的部分，都应算作蝗虫造成的损失。故在计算蝗虫取食造成的损失量时，不能单以食物消耗量为准。同时，植物在受到蝗虫取食侵害时，也会刺激植物采取增加产量等对策，具有一定的自我补偿能力。因此，如何从营养需求的角度出发，研究不同植物在不同生长期的营养成分（包括次生物质）对蝗虫的生长发育、产卵繁殖的影响，进而以植物为主体，进行综合治理，应成为草原植保工作的方向。

致谢　本项研究得到甘肃农垦总公司资助及宝瓶河牧场的大力支持。本论文承蒙郑哲民教授审阅指导；苏晓红同志曾做了大量的工作，一并致谢。

参 考 文 献

1 Baily C G. Consumption and utilization of various host plants by *Melanoplus bivittatus* (Say) and *M. femur-rubrum* (DeGeer) (Orthoptera: Acrididae). Can. J. Zool. 1976, 54: 1 004～1 050

2 Davey P M. Quanities of food eaten by the Desert Locust *Schistocerca gregaria* (Forsk.), in relation to growth. Bull. Ent. Res. 1954, 45: 539～551

3 Nagy B. Food consumption of *Docistaurus crucigerus brevicollis* Eversm. and *Oedipoda coerulescens* L. (orthoptera: Acrididae). Acta. Biol. Huang. 1952, 3 (1951): 41～52

4 Joern A, Lawlor. Food and microhabitat utilization by grasshoppers from arid graasslands: comparisons with neutral models. Ecology, 1980, 61 (3): 591～599

5 Gupta A, Vats L K. Food consumption, assimilation and tissue growth in *Phlaeoba infumata* (Orthoptera: Acrididae). Indian J. Ecol., 1980, 7 (1): 61～70

6 Gangwere S K. Experitions upon the food consumption of the *grasshoppers Melanoplus scudderi* Uhler. Pap. Mich. Acad. Sci. Nat. 1959, 31: 61～102

7 Kaufamann T. Biological studies of some Bavarian Acridoidea (Orthoptera), with special reference to their feeding habits. Ann. Ent. Soc. Am. 1965, 58: 791～800

8 McCaffery A R *et al.* Utilization of food by *Zonocerus ariegatus* (L.) (Orthoptera: Pyrgomorphidae). Bull. Ent. Res. 1978, 68: 589～606

9 钦俊德等. 东亚飞蝗的食性和食物利用以及不同食料植物对其生长和生殖的影响. 昆虫学报, 1957, 7 (2): 143～166

10 李鸿昌等. 典型草原三种蝗虫成虫期的食物消耗量及其利用的初步研究. 生态学报, 1987, 7 (4): 331～338

FOOD CONSUMPTION AND UTILIZATION BY FOUR SPECIES OF ACRIDOIDS (ADULT STAGE) IN MOUNTAIN STEPPE OF QILIANSHAN MOUNTAINS

Wang Shigui

(Department of Biology, Hangzhou Techers College Hangzhou 310012)

Lian Zhenmin

(Institute of Zoology, Shaanxi Normal University Xian 710062)